Alternativa de Tratamiento de residuos hospitalarios por radiación ionizante

Bioq. Cecilia Magnavacca

X Jornadas GEIC, Paraná, Entre Ríos - Agosto 2004

Laboratorio de Efluentes y Productos Irradiados

Residuos Patogénicos:

Riesgo para la Salud Pública por su carácter infecto-contaminante, agravado por:

- resistencia a los antibióticos,
- heterogeneidad en su composición,
- presencia de objetos cortopunzantes,
- y sustancias tóxicas o peligrosas.

TRATAMIENTOS

- Incineración
- Autoclavado
- Enterramiento
- Químicos
- Microondas
- Radiación Ionizante

Radiación Ionizante:

Efectos sobre la materia:

- Excitación o ionización (pérdida de un electrón),
- Ruptura de enlaces químicos,
- Producción de radicales libres muy activos,
- Recombinación de enlaces o radicales libres formando nuevas moléculas (productos radiolíticos)

Origen:

⇒ *Átomos radioactivos*

⇒ *Máquinas aceleradoras de electrones* *(e-beam)*

Legislación:

en el orden nacional: *Ley Nac. **24051** s/Residuos Peligrosos, Dec. Reg. **831**/93: Art. 19 define los residuos patogénicos según clasificación semejante a la USEPA. Res. **349**/94 Sec. de Salud: "Normas Técnicas Nacionales s/Manejo de Residuos Biopatológicos", Art. 9: "a) incineración, b) enterramiento por relleno de seguridad, c) esterilización por autoclave".*

en el orden provincial:

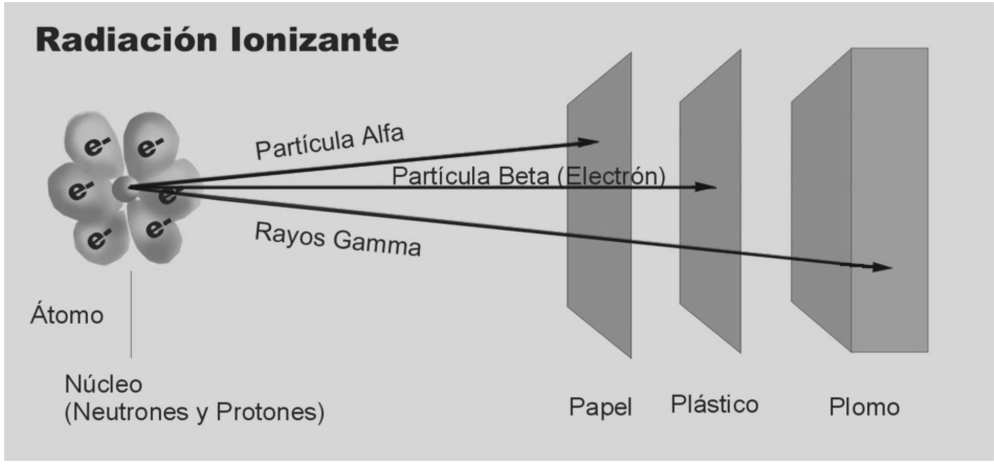
***Entre Ríos**: Ley Nro. 8880: Adhiere a la Ley Nac. 24051**.*

***Buenos Aires**: Ley Nro. 11347 s/Residuos Patogénicos, Dec. Reg. 450/94 (mod. 403/97): Art. 35:...podrán ser tratados por a) incineración .. b) radiación por microondas, c) **cualquier otro dispositivo**, equipo o instalación que la autoridad de aplicación autorizare**.*
Ley 12019 modifica Art. 4, prohibiendo utilización como relleno sanitario.

***C.A.de Buenos Aires**: Ley Nro. 154, Dec. Reg. 1886/01, Anexo* II: Manual de Gestión de Residuos Patogénicos. Art. 35: ... "se deben utilizar métodos o sistemas que aseguren la total pérdida de su condición patogénica,.."
<u>En próxima modificación mencionaría la tecnología de radiaciones.</u>

***Santa Fé:** Decreto Nro. 388/2000, V) Métodos de tratamiento:*
*1. Incineración. 2. Enterramiento por relleno de seguridad. 3. Esterilización por autoclave. 4. Sobre otros métodos: Descontaminación Química, Relleno Sanitario, Microondas y **Radiación Gamma**.*

Radiaciones:



^{60}Co , ^{137}Cs, otros

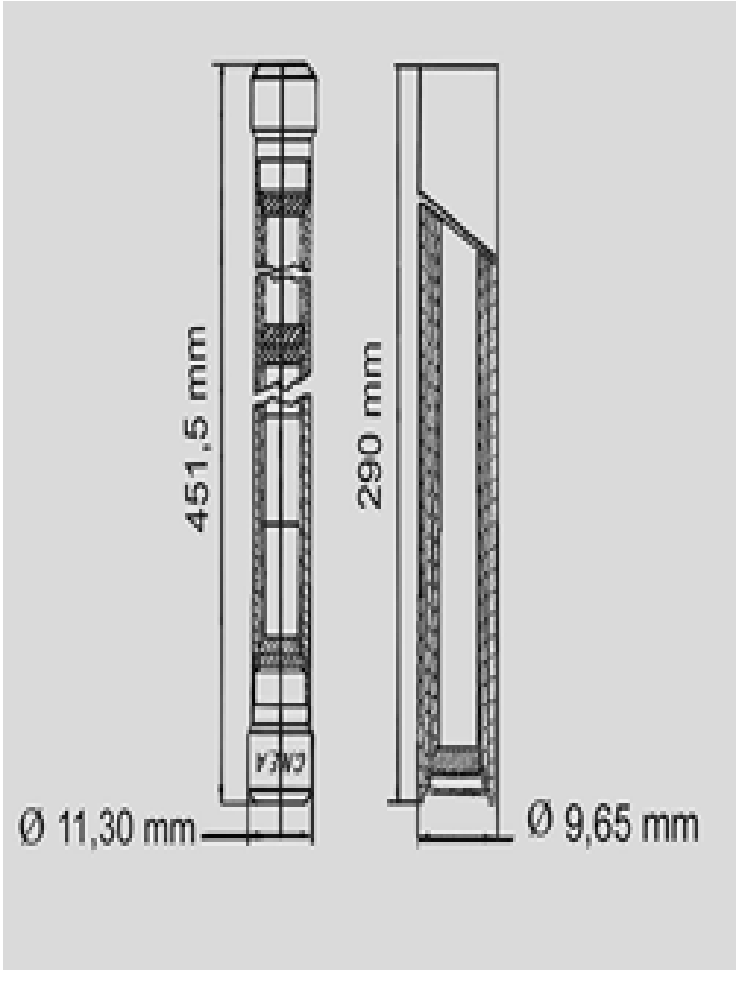
Unidades de Radiación Absorbida: Energía / Masa:

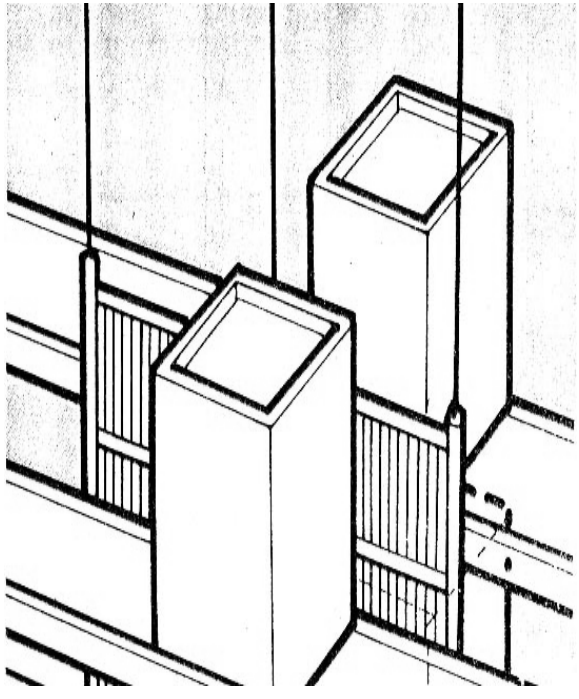
Vieja unidad: **rad** = 100 erg/g
Unidad del S.I.: **Gray** = 1 J/kg

1 Gy = 100 rad

kiloGray (***kGy***)

Fuentes selladas de ^{60}Co para irradiadores



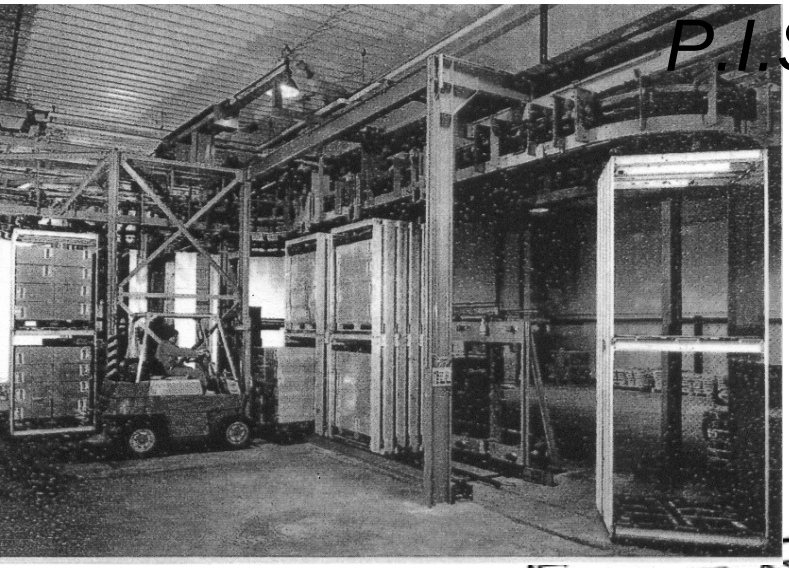


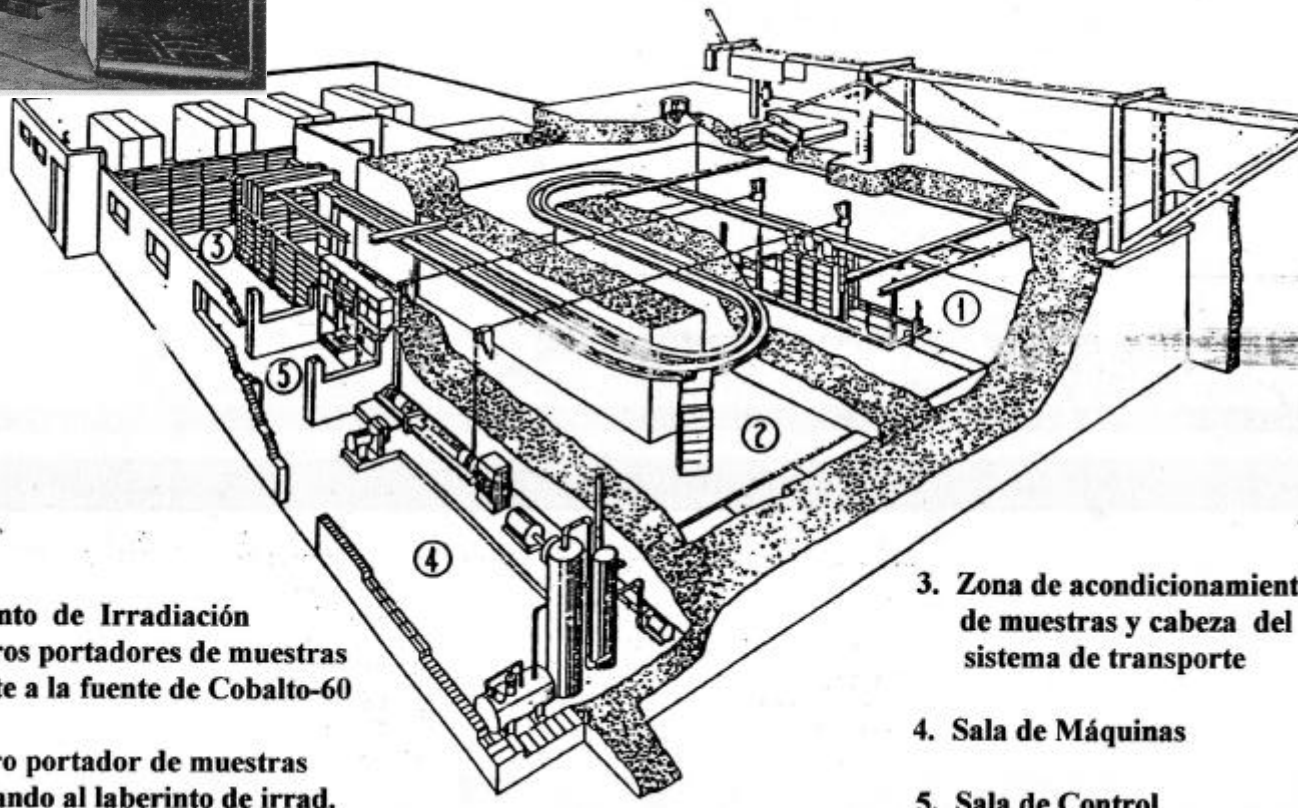
Irradiación

- *Dinámica*
- *Estática*

Ejemplo de planta de irradiación:

P.I.S.I. del Centro Atómico Ezeiza





1. **Recinto de Irradiación**
   Carros portadores de muestras
   frente a la fuente de Cobalto-60

2. **Carro portador de muestras**
   entrando al laberinto de irrad.

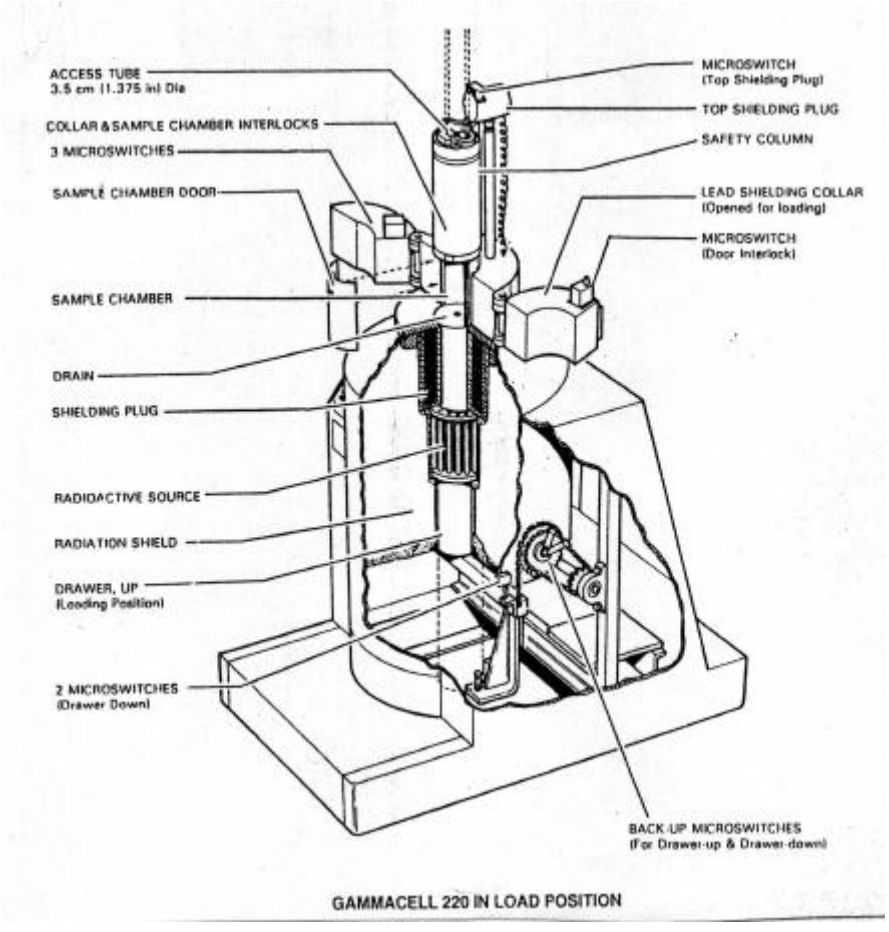
3. **Zona de acondicionamient**
   de muestras y cabeza del
   sistema de transporte

4. **Sala de Máquinas**

5. **Sala de Control**

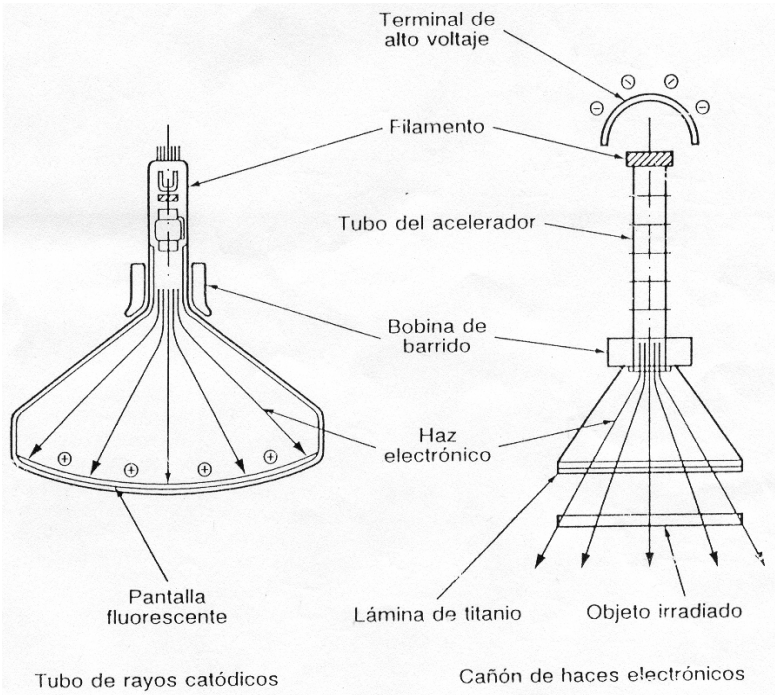
Planta de Irradiación Semi-Industrial del C.A.E.

Irradiador experimental:
Gammacell 220



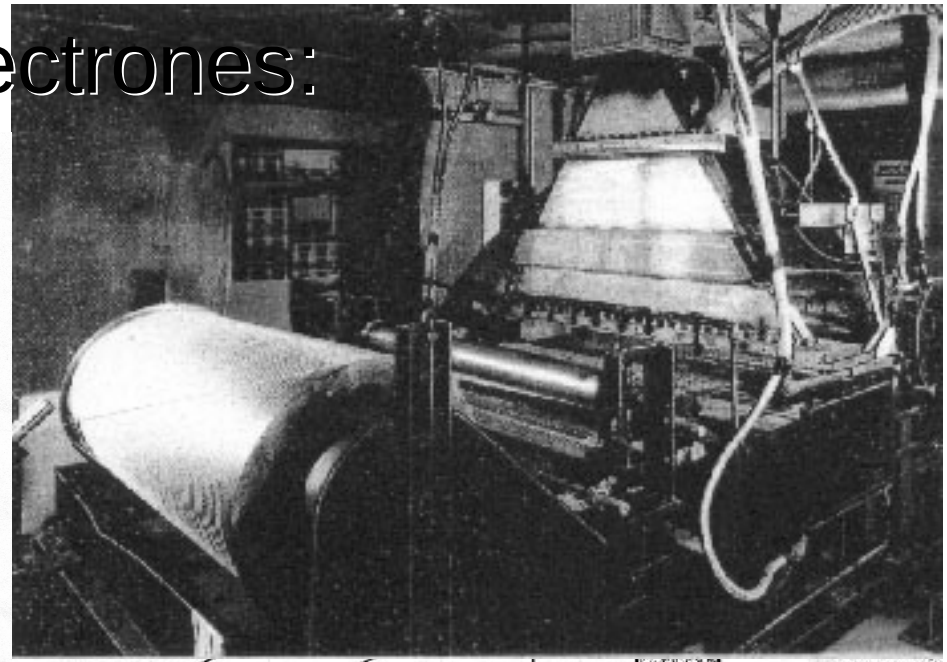
GAMMACELL 220 IN LOAD POSITION

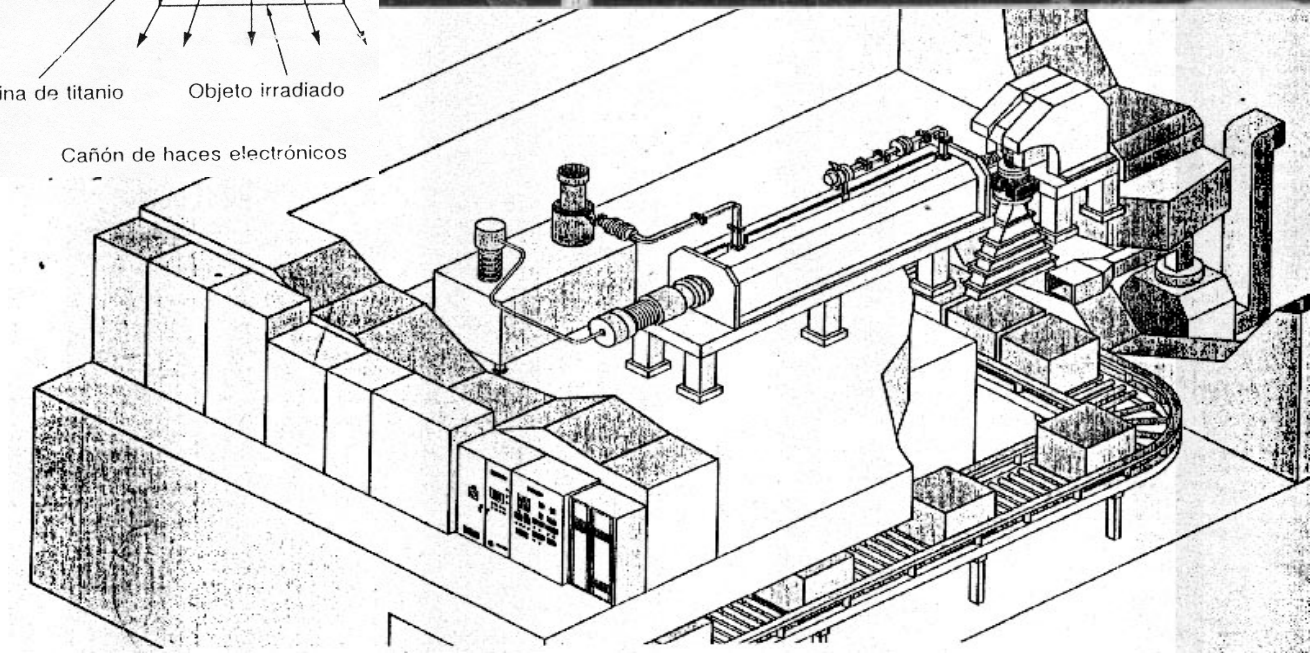
Aceleradores de electrones:

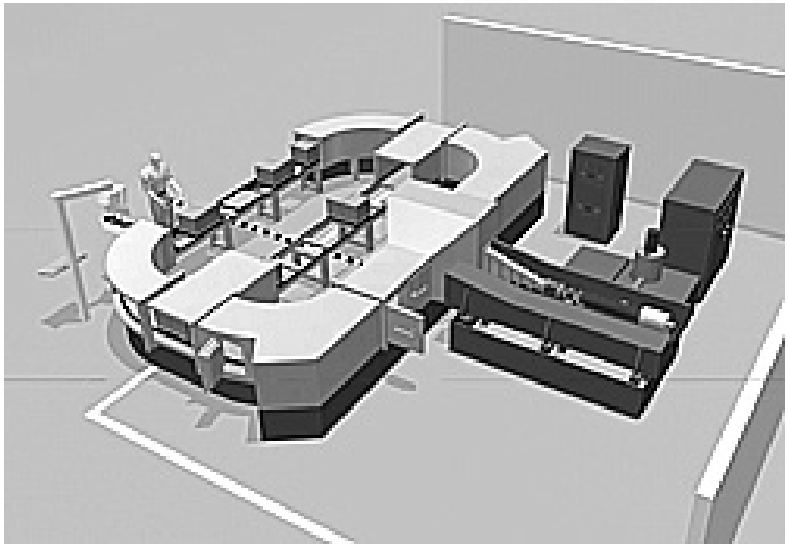


Tubo de rayos catódicos

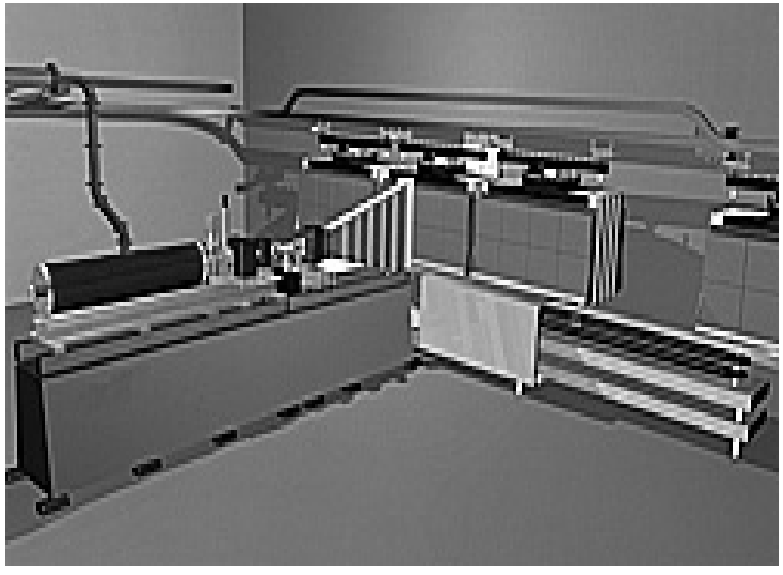
Cañón de haces electrónicos







Dibujos de modernos aceleradores de electrones

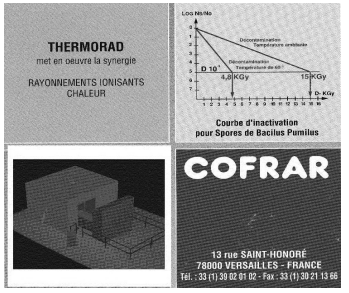


Acelerador de 10 MeV, 15 kw.

Antecedentes internacionales

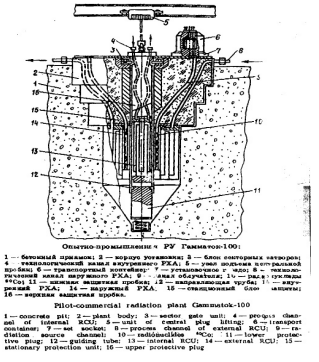
Estados Unidos

Francia

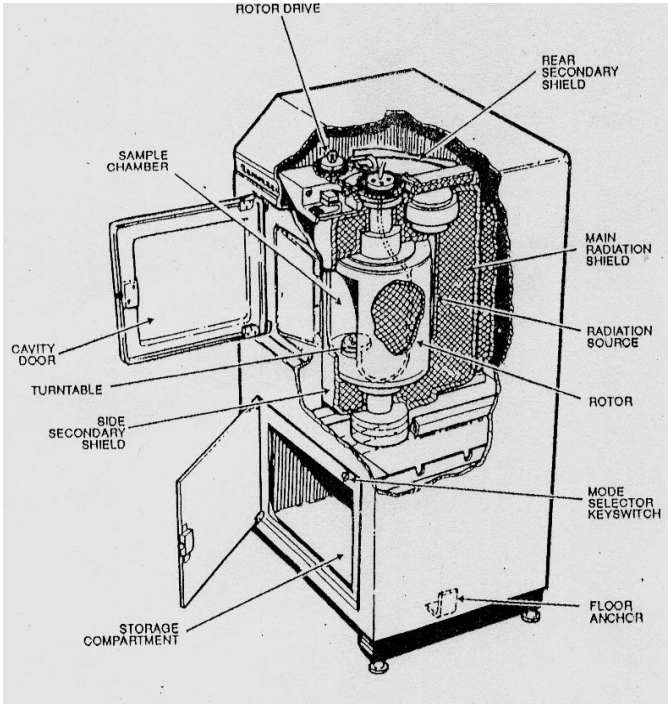

THERMORAD
met en oeuvre la synergie
RAYONNEMENTS IONISANTS
CHALEUR
Courbe d'inactivation
pour Spores de Bacilus Pumilus
COFRAR
13 rue SAINT-HONORÉ
78000 VERSAILLES - FRANCE
Tél. : 33 (1) 39 02 01 02 - Fax : 33 (1) 39 21 13 66

Canadá

Rusia



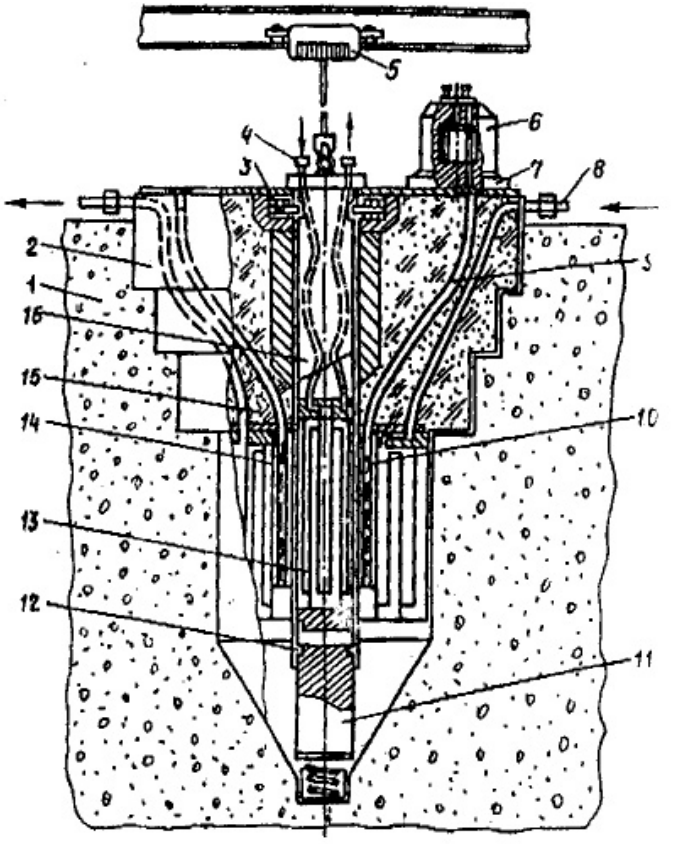
Irradiadores MDS Nordion (Canadá) - *"Gammacell"*



"Gammacell" 3000 Elan (fuentes de ^{137}Cs)

Esquema del irradiador diseñado en Rusia

Gammatok-100



Опытно-промышленная РУ Гамматок-100:

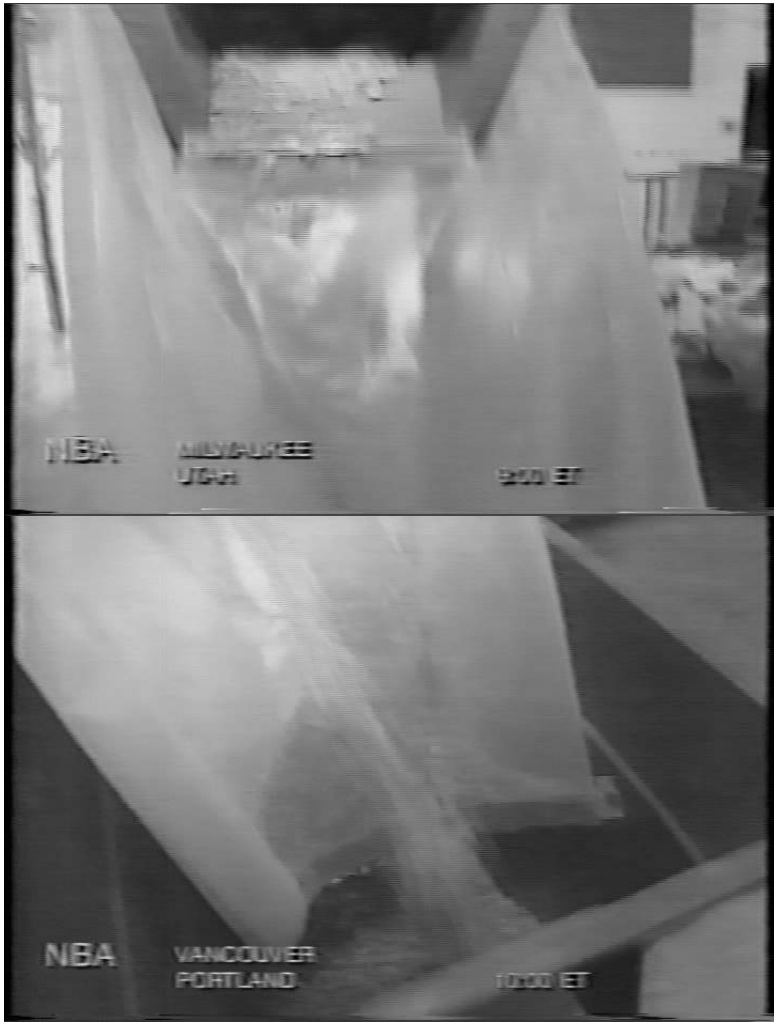
1 — бетонный приямок; 2 — корпус установки; 3 — блок секторных затворов; 4 — технологический канал внутреннего РХА; 5 — узел подъема центральной пробки; 6 — транспортный контейнер; 7 — установочное гнездо; 8 — технологический канал наружного РХА; 9 — канал облучателя; 10 — радионуклиды ^{60}Co; 11 — нижняя защитная пробка; 12 — направляющая труба; 13 — внутренний РХА; 14 — наружный РХА; 15 — стационный блок защиты; 16 — верхняя защитная пробка.

Pilot-commercial radiation plant Gammatok-100

1 — concrete pit; 2 — plant body; 3 — sector gate unit; 4 — process channel of internal RCU; 5 — unit of central plug lifting; 6 — transport container; 7 — set socket; 8 — process channel of external RCU; 9 — radiation source channel; 10 — radionuclides ^{60}Co; 11 — lower protective plug; 12 — guiding tube; 13 — internal RCU; 14 — external RCU; 15 — stationary protection unit; 16 — upper protective plug

rradiador acelerador de electrones del Hospital de Miami, EE.U

rituración incluída en la instalación del Hospital de Mia

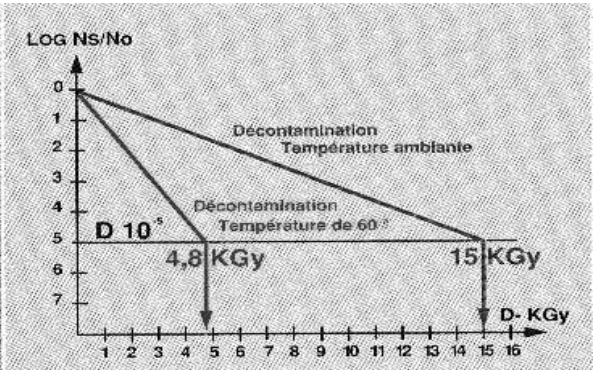


Folleto del Irradiador francés con fuentes de ^{60}Co y calor seco

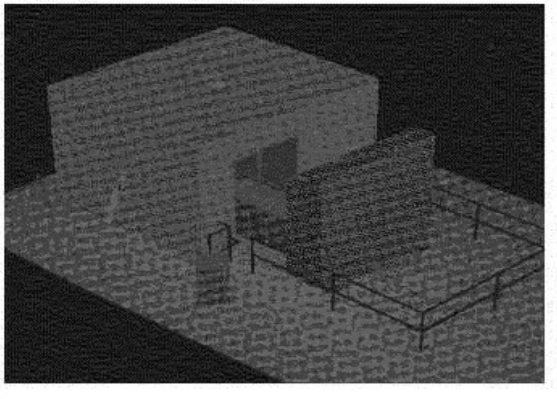
THERMORAD

met en oeuvre la synergie

RAYONNEMENTS IONISANTS
CHALEUR



Courbe d'inactivation pour Spores de Bacilus Pumilus

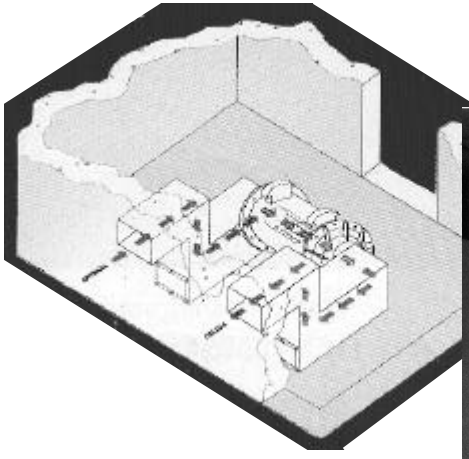


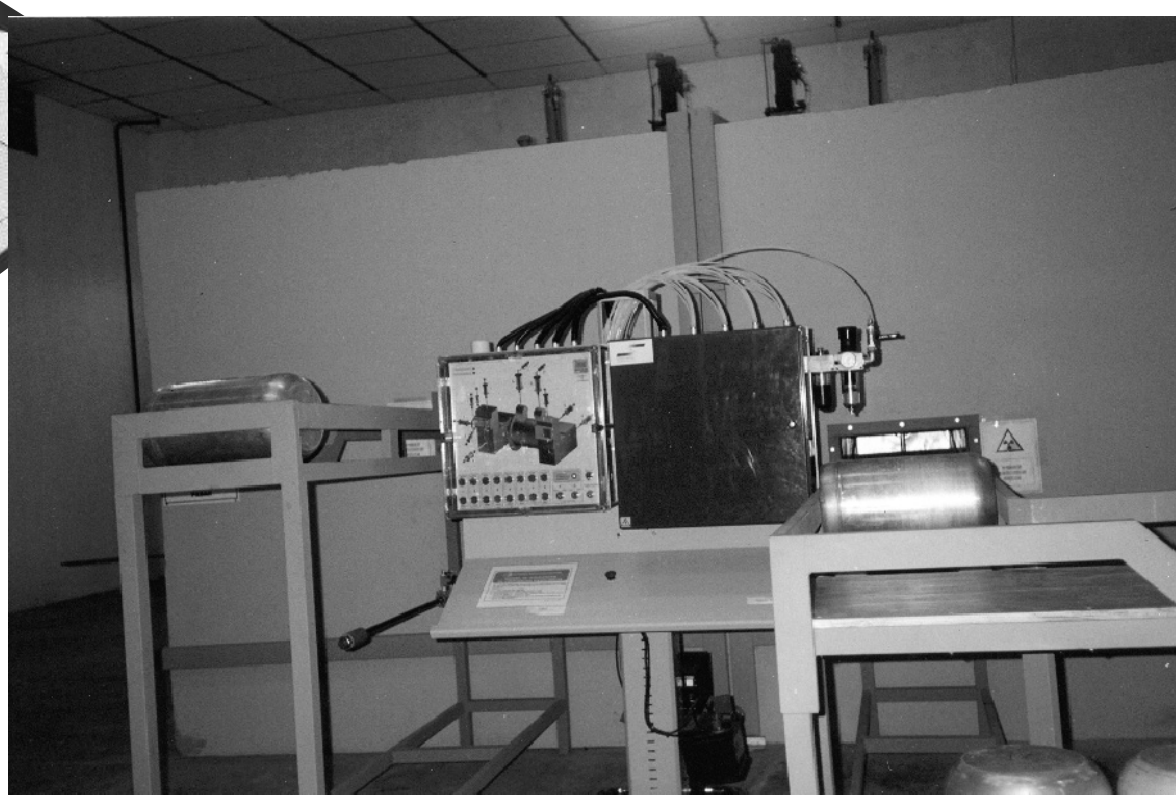
COFRAR

13 rue SAINT-HONORÉ
78000 VERSAILLES - FRANCE
Tél. : 33 (1) 39 02 01 02 - Fax : 33 (1) 30 21 13 66

Uno de los irradiadores diseñados en la CNEA

(módulo pequeño)





Experimentación

Pautas: *basadas en el Manual Técnico para Evaluación de Tecnologías de Tratamiento de Residuos Hospitalarios, Comité Federal ad hoc EE.UU., 1994.*

- *Nivel de Inactivación:*
  - ***I:*** *Inactivación de bacterias vegetativas, hongos, y virus lipofílicos, en 6 escalas logarítmicas,*
  - ***II:*** *Idem e incluyendo parásitos y mycobacterias,*
  - ***III:*** *Idem e incluyendo B. esporulados hasta 4 escalas log,*
  - ***IV: Idem e incluyendo B esporulados hasta 6 escalas log***
- *specie microbiana indicadora:* *Bacillus pumilus esporulados, cepa E 601*
- *Soporte del inóculo:* *Adsorción sobre gasas*
- *Sistema:* *Bolsas "simuladas" de residuos según composición estadística*

Experimentación

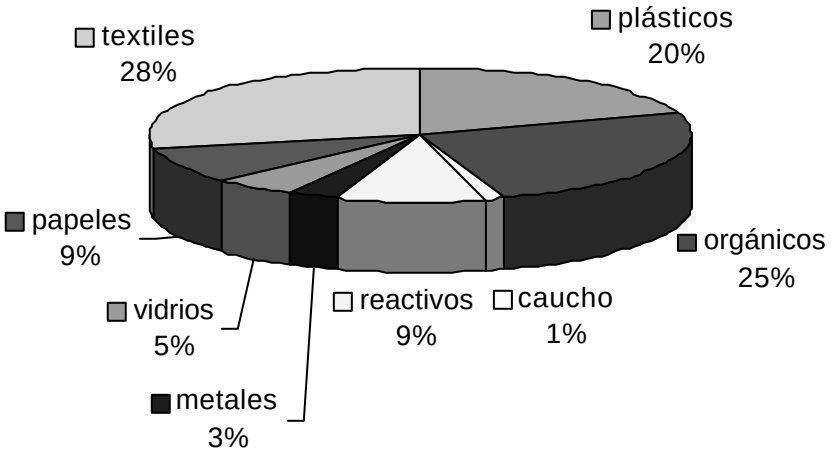
Pasos del desarrollo:

- Construcción de los sistemas simulados.

- Dosimetría en dos condiciones diferentes de irradiación.

- Análisis microbiológico de sobrevida a dosis de irradiación creciente.

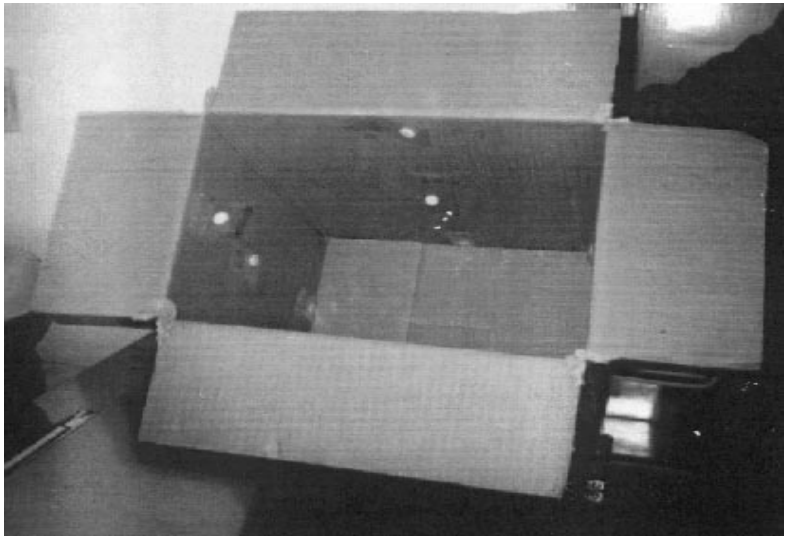
Experimentación



Volumen: 30 dm^3

Densidad: 0.1 kg/dm^3

Peso neto: aprox. 3 kg



Ubicación de las pastillas de

Nitrato de potasio (dosímetro

Dosimetría:

Evaluación de dosímetros:

Posición	Lectura	Dosis:
A1	1.098	36.43
A2	0.992	32.84
A3	1.141	37.88
A4	1.009	33.42
A5	1.074	35.61
B1	1.222	40.62
B2	1.150	38.18
B3	1.199	39.84
B4	1.103	36.59
B5	0.891	**29.42 (min)**
C1	1.475	49.18
C2	1.301	43.29
C3	1.545	**51.54 (máx)**
C4	1.325	44.10
C5	1.346	44.81

Uniformidad de dosis: 1.75

•Irradiación dinámica:

Dosis nominal: 30 kGy

Dosis máxima: 51.54 kGy

Dosis mínima: 29.42 kGy

Uniformidad de dosis: 1.75

•Irradiación estática:

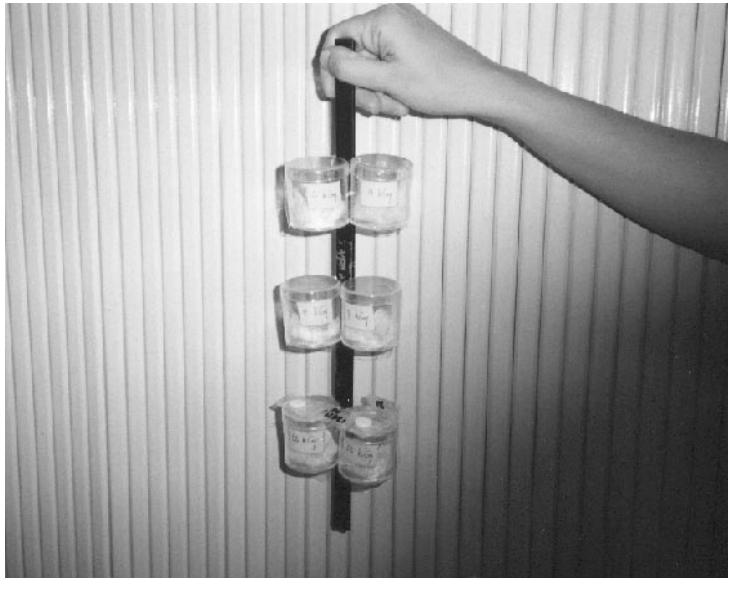
Dosis nominal: 6 kGy

Dosis máxima: 11.72 kGy

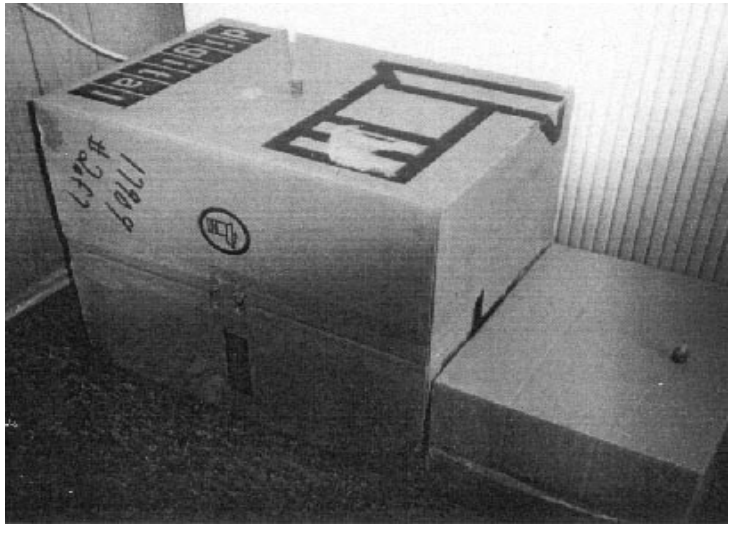
Dosis mínima: 4.52 kGy

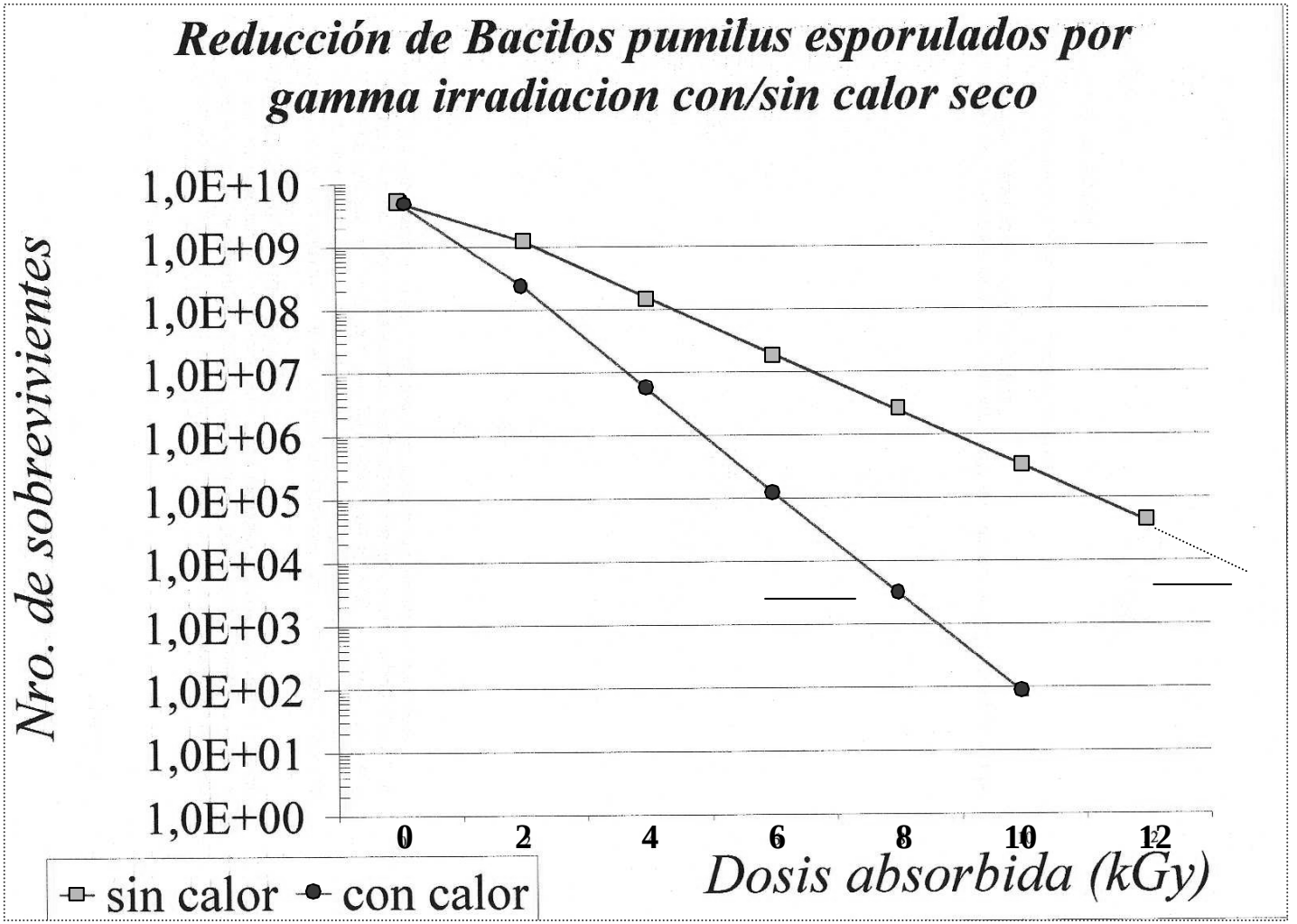
Uniformidad de dosis: 2.60

Siembra y ubicación de inóculos de Bacilo pumillus esporulado



Acondicionamiento para las irradiaciones con/sin calor seco




Reducción de Bacilos pumilus esporulados por gamma irradiacion con/sin calor seco
Nro. de sobrevivientes
1,0E+10
1,0E+09
1,0E+08
1,0E+07
1,0E+06
1,0E+05
1,0E+04
1,0E+03
1,0E+02
1,0E+01
1,0E+00
0
2
4
6
8
10
12
Dosis absorbida (kGy)
sin calor
con calor

Cálculo básico estimativo para un irradiador:

Inactivación a 0.0001%

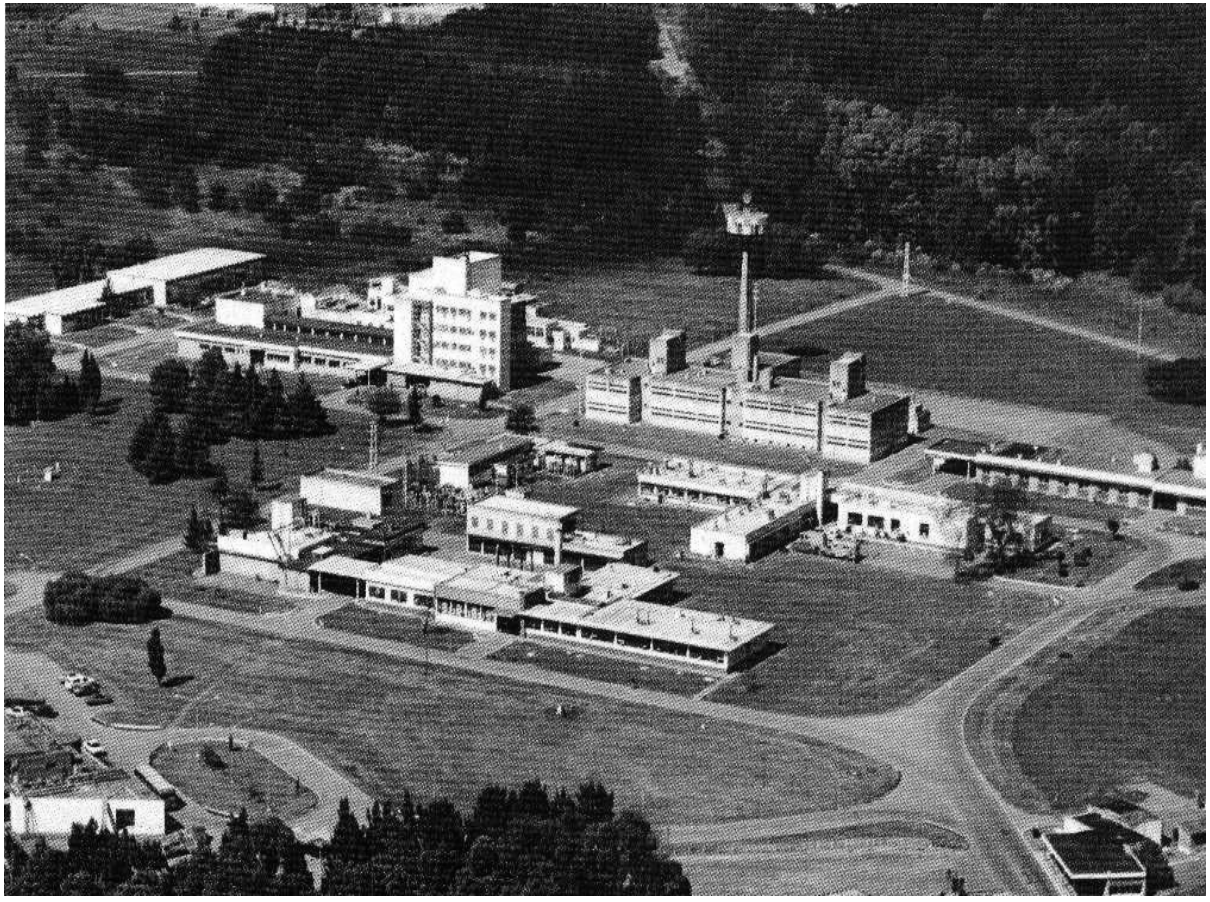
suponiendo condiciones:	óptimas	pésimas
	con calor: 8 kGy	*sin calor*: 15 kGy
	Unif. dosis: 1.75 *(irr. dinámica)*	Unif. dosis: 2.60 *(irr. estática)*
Aplicando factor por heterogeneidad de dosis:	**14 kGy**	**40 kGy**

Supongo un establecimiento de 500 camas —— 600 kg/día,
deberían irradiarse —— 60 kg/hora (20 bolsas/hora)

La potencia del irradiador se estima por: $P \sim D \cdot M / \eta \cdot 3600$ (s/h)

entonces es: $P \sim 14 \times 60 / 0.2 \times 3600$ (s/h) $= 1.2$ kw → **86000 Ci** (14kw/1M

o es: $P \sim 40 \times 60 / 0.2 \times 3600$ (s/h) $= 3.5$ kw → **240000 Ci** (14kw/1M



Muchas gracias

Laboratorio de Efluentes y Productos Irradiados

Bioq. Cecilia Magnavacca

Agradecimiento:

Al Dr. Juan Moretton y personal del Departamento de Microbiología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, U.B.A.